

альностей «Науки о Земле» – 3.8, 4.5, 2.8, 3.9 и 12.2 %. По группе специальностей «Клиническая медицина» показатели соответственно составили: по публикациям – 12.6 %; научным статьям – 8.6 %; по статьям, индексируемым в базах данных Web of Science, Scopus – 4.8 %, в базе РИНЦ – 16.3 % и членами НПШ данной группы специальностей получено 11.3 % всех патентов и свидетельств от общего количества, полученного коллективами НПШ, включенными в Реестр.

В результате разработано программное и методическое обеспечение по формированию реестра ведущих научных и научно-педагогических школ Санкт-Петербурга. Сформированный реестр служит основой для определения научных направлений, в которых Санкт-Петербург рассматривается как один из признанных лидеров российского и мирового научных сообществ и позиционируется в качестве ведущего научно-образовательного центра России.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Криворученко В. К. Научные школы – важнейший элемент науки. URL: <http://www.mosgu.ru/nauchnaya/school/> (дата обращения: 20.06.2014).
2. Карцев В. П., Храмов Ю. А. Научные школы в структуре потенциала науки // Науч.-техн. потенциал:

структура, динамика, эффективность. Киев: Наук. думка, 1987. 68 с.

3. Академические научные школы Санкт-Петербурга: материалы к 275-летию Академии наук / под ред. Э. А. Троппа и др. СПб.: Науч. центр РАН, 1998.

G. I. Dmitriev, E. A. Zakonnikov, V. A. Meyev
Saint-Petersburg state electrotechnical university «LETI»

S. V. Spitskiy
Committee on science and the higher school (Government of Saint-Petersburg)

THE FORMATION OF THE REGISTRY OF THE LEADING SCIENTIFIC AND SCIENTIFIC-PEDAGOGICAL SCHOOLS OF ST. PETERSBURG

Discusses the formation of the Register of the leading scientific and scientific-pedagogical schools of St. Petersburg. Describes criteria and indicators for assessing scientific and scientific-pedagogical schools educational institutions of higher education and scientific organizations for inclusion in the Registry. The analysis of the scientific potential of scientific and scientific-pedagogical schools in St. Petersburg, included in the Register.

Scientific school, scientific-pedagogical school, criteria, performance evaluation of scientific and scientific-pedagogical schools, the registry of the leading scientific and scientific-pedagogical schools

УДК 378.145+001.891.57

Д. Х. Имаев, Е. Е. Котова
Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В. И. Ульянова (Ленина)

Дифференциация учащихся по показателям экспресс-диагностирования

Представлены процедуры автоматизации классификации обучающихся на основе данных экспресс-диагностирования по модифицированной методике Струп-М. Дифференциация контингента потенциальных учащихся необходима для реализации стратегии разделения дидактических ресурсов в процессе обучения на базовую и дополнительную части.

Экспериментальная диагностика, дифференциация учащихся, динамический подход, компьютерная модель, нейронные сети

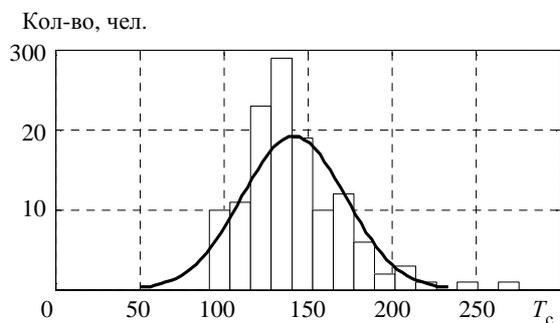
Реализация стратегии разделения дидактических ресурсов на базовую и дополнительную части [1], [2] связана с необходимостью дифферен-

циации разнородного контингента учащихся по параметрам, характеризующим способности к обучению. Предполагается, что в основу класси-

фикации по индивидуальным характеристикам и распределения потенциальных обучаемых по категориям «сильных», «средних» и «слабых» могут быть положены результаты диагностирования, интерпретируемые как данные активного идентификационного эксперимента с объектом в виде «черного ящика». Исследования базируются на концепции о возможности рассмотрения экспресс-диагностирования динамических свойств обучающихся как одного из способов имитации в ускоренном времени будущего процесса обучения (когнитивного развития, роста уровня знаний и навыков).

В настоящее время достаточно развиты методы диагностирования способностей индивидуума к обучению, позволяющие определять различные показатели интеллектуальной сферы [3], [4]. Однако трудным и нерешенным остается вопрос экспериментальной диагностики – получение информации о потенциальных способностях к обучению в «быстром» времени для предварительной ориентации в контингенте учащихся.

Предлагаемый подход заключается в попытке использования методики Струпа [5] как основы дифференциации учащихся. Диагностирование по классической методике Струпа дает суммарное время выполнения последовательно усложняющихся серий (наборов) по 100 заданий. Фиксация суммарного времени T_c предполагает, что время выполнения одного задания постоянно и равно усредненному значению $\delta_{cp} = T_c / 100$. На рис. 1 представлена гистограмма распределения суммарного времени T_c для выборки из 128 студентов I курса Санкт-Петербургского государственного электротехнического университета «ЛЭТИ» им. В. И. Ульянова (Ленина) (СПбГЭТУ «ЛЭТИ»).



Данные позволяют оценить границы суммарного времени выполнения заданий (min: 97.13, max: 268.87), среднее время выполнения (mean:

183), стандартное отклонение (std: 54.86) и др. Анализ показывает, что испытуемые, суммарное время выполнения заданий для которых менее 97, совершают недопустимое число ошибок. Невозможность учета числа ошибочных решений приводит к некорректным выводам о способностях диагностируемых. Кроме того, представляется, что единственного показателя T_c (или δ_{cp}) недостаточно для оценки индивидуальных параметров когнитивной сферы и выявления динамики роста знаний и навыков.

Динамическому подходу к проблеме когнитивного роста посвящен целый ряд исследований (в частности, [6]–[11]). Обучение – рост уровня знаний и навыков – происходит поэтапно во времени как результат усилий по усвоению последовательности элементов, т. е. представляет процесс. В силу естественной инертности время выполнения заданий различно: относительно велико в начале диагностирования (период приспособления), уменьшается по мере приобретения навыков, после чего более или менее стабилизируется на некотором уровне. Следовательно, время выполнения одного задания является переменной величиной, точнее, непрерывной функцией целочисленного аргумента в виде номера выполняемого задания $\delta[n] > 0$; $n = 1, \dots, 100$. Сказанное приводит к выводу о необходимости учета динамических свойств объекта, для чего необходима существенная модификация методики Струпа.

Разработана компьютерная реализация модифицированной версии Струп-М [12], которая позволяет фиксировать и получить данные диагностирования в виде процессов: кумулятивного времени выполнения заданий $T[n]$, времени выполнения одного задания $\delta[n]$ и скорости выполнения $v[n] = 1 / \delta[n]$. Время выполнения заданий фиксировалось с помощью встроенного модуля таймера с точностью до 0.01 с.

Примеры данных диагностирования конкретных студентов технического вуза по методике Stroop-М в виде графиков $v[n]$ приведены на рис. 2. Видно, что после определенного числа выполненных заданий $N_{пер}$ скорость устанавливается, т. е. можно выделить переходную и установившуюся составляющие процесса.

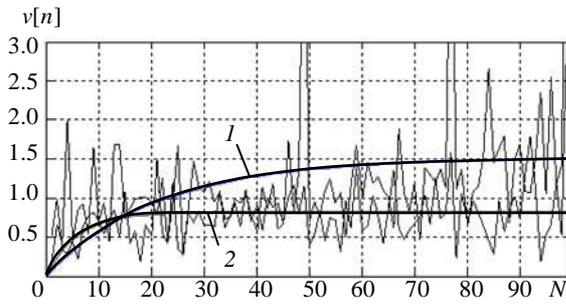


Рис. 2. Примеры процессов диагностирования по методике Струп-М

Для количественной оценки процессов диагностирования предлагается использовать два прямых показателя: 1 – длительность переходного процесса, т. е. число заданий $N_{пер}$, по истечении которого устанавливается время выполнения задания; 2 – установившуюся скорость $v_{уст}$. Длительность переходного процесса и установившуюся скорость выполнения заданий можно рассматривать как приближенные оценки динамических и статических характеристик объектов диагностирования. Например, на рис. 2 кривой 1 отвечают показатели $N_{пер} = 60$, $v_{уст} = 1.5$ 1/с; кривой 2 – $N_{пер} = 15$, $v_{уст} = 0.8$ 1/с.

При значительном количестве потенциальных учащихся становится актуальной автоматическая их классификация, для чего необходимо формализовать оценку показателей процесса диагностирования по результатам экспресс-диагностирования.

Математическая и имитационная модели обучаемого в режиме диагностирования. Потенциальный учащийся далее интерпретируется как преобразователь потока информации в скорость выполнения задания.

Примем гипотезу о структуре модели: пусть приращение скорости Δv_n пропорционально достигнутой скорости v_n и сложности задания u_n :

$$\Delta v_n \equiv v_{n+1} - v_n = av_n + bu_n. \quad (1)$$

Выражение (1) представляет собой линейное разностное уравнение первого порядка, где a и b – коэффициенты, подлежащие оцениванию в результате обработки данных.

Диагностирование по методике Струп-М предоставляет данные активного эксперимента, которые пригодны для идентификации параметров модели (1). Входную последовательность из 100 заданий одинаковой сложности можно формально описать как единичную последовательность

$$u[n] = \mathbf{1}_n \equiv \mathbf{1}[n] = \begin{cases} 1, & \text{если } 1 \leq n \leq 100, \\ 0, & \text{иначе.} \end{cases} \quad (2)$$

Выходная последовательность представляет реакцию объекта на тестовую последовательность (2) в виде скорости выполнения задания $v_n \equiv v[n]$; $n = 1, \dots, 100$, зависящей от номера задания n .

В случае дискретных процессов диагностирования коэффициенты разностного уравнения (1) оцениваются по формулам

$$a \cong -3/N_{пер}; \quad b \cong 3v_{уст}/N_{пер}. \quad (3)$$

В результате подстановки (3) в (1) получим математическую модель в виде линейного разностного уравнения первого порядка

$$v_{n+1} = (1 - 3/N_{пер})v_n + 3v_{уст}/N_{пер}. \quad (4)$$

На рис. 3, а приведена компьютерная модель процедуры диагностирования. Генератор «белого» шума с ограниченной полосой частот Band-Limited White Noise имитирует помехи, сопровождающие эксперименты.

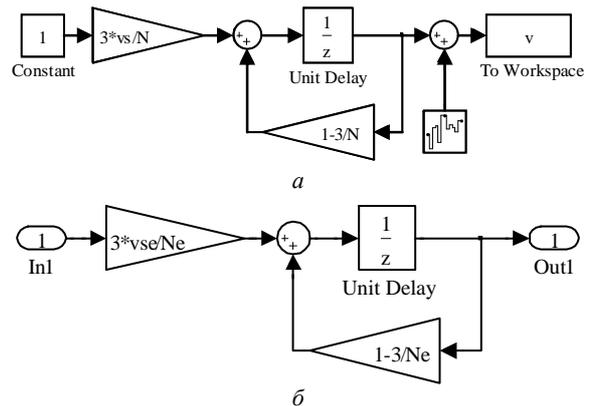


Рис. 3. Компьютерная модель объекта в режиме: а – имитации процедуры диагностирования; б – оценивания параметров

Для примера на рис. 4 приведены результаты имитации диагностирования двух обучаемых: с показателями $N_{пер} = 66$; $v_{уст} = 1.5$ 1/с (кривая 1) и с показателями $N_{пер} = 20$ и $v_{уст} = 0.8$ 1/с (кривая 2).

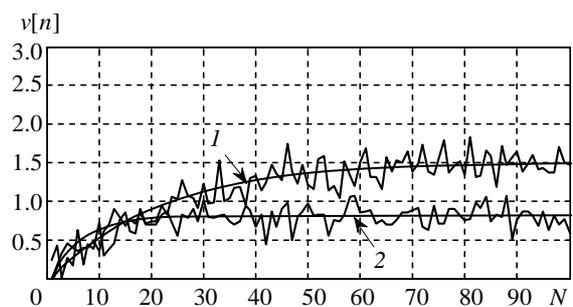
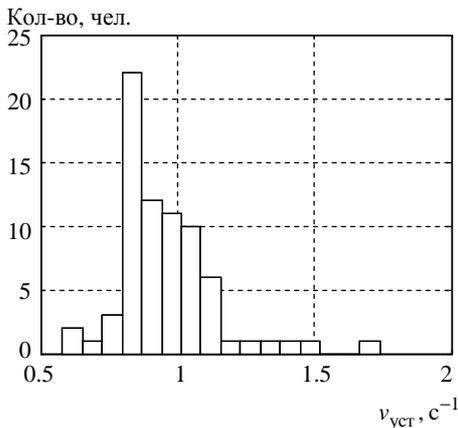


Рис. 4. Примеры компьютерной имитации

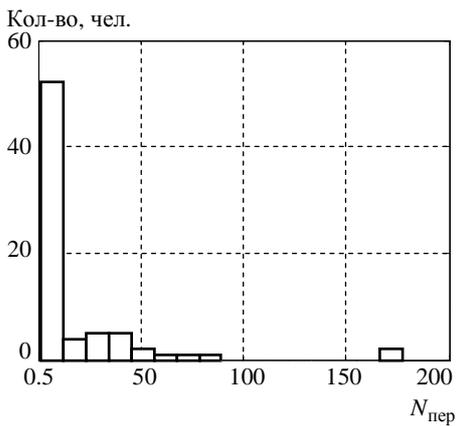
Из сравнения графиков данных диагностирования (см. рис. 2) и компьютерной имитации (см. рис. 4) видно, что результаты достаточно близки, что свидетельствует о качественной и количественной адекватности математической и компьютерной моделей.

Оценивание параметров модели с помощью инструмента Parameter Estimation Tool программы Simulink [13]. Компьютерная модель в режиме диагностирования (см. рис. 3, б) позволяет оценивать параметры $N_{пер}$ (Ne) и $v_{уст}$ (vse) по данным экспресс-диагностирования по методике Струп-М.

Для оценки областей значений двух показателей – параметров модели (3) – проведено экспериментальное исследование группы из 75 студентов I курса. На рис. 5 приведены гистограммы распределения параметров модели (4).



а



б

Рис. 5. Гистограммы распределения параметров

Как видно из гистограммы распределения $N_{пер}$ (рис. 5, б), можно выделить две категории испытуемых: 1 – с заметно выраженной динамикой скорости выполнения заданий ($N_{пер} > 10$); 2 –

не проявляющих динамики роста ($N_{пер} < 3$). Первая категория обучающихся может быть условно поделена на три группы в зависимости от $N_{пер}$. Также возможно выделить три группы и по показателю $v_{уст}$ (рис. 5, а). Во второй категории заметно выделяются испытуемые, выполняющие задания быстрее или значительно медленнее.

Таким образом, классификацию контингента студентов целесообразно проводить по двум показателям $v_{уст}$ и $N_{пер}$, по каждому из которых предлагается ввести три градации: «ниже среднего», «средний», «выше среднего». Для обоснования границ между уровнями выполнен анализ экспериментальных данных.

На рис. 6 приведен точечный график $N_{пер}(v_{уст})$ и проведены нечеткие границы между областями. На этом основании можно сделать вывод об относительной независимости двух индивидуальных характеристик обучаемых.

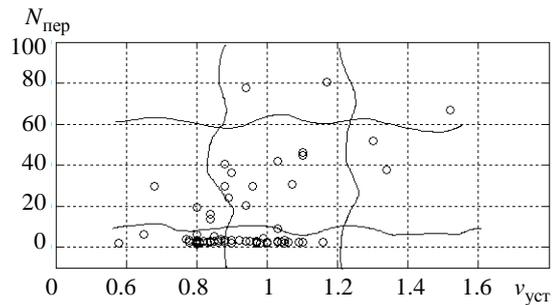


Рис. 6. Нечеткое разбиение пространства показателей

Таким образом, получается девять подгрупп студентов, между которыми можно установить следующие отношения предпочтения:

- $C(++) > C(0+) > C(-+)$;
- $C(+0) > C(00) > C(-0)$;
- $C(+-) > C(0-) > C(--)$;
- $C(+++) > C(+0) > C(+ -)$;
- $C(0+) > C(00) > C(0 -)$;
- $C(-+) > C(-0) > C(--)$;
- $C(+++) > C(00) > C(- -)$;
- $C(+0) > C(0 -)$;
- $C(0+) > C(-0)$.

На рис. 7 изображен граф предпочтений (парных сравнений) классов. Вершинам графа отвечают обозначения классов, сплошные дуги – отношения между ними, прерывистым ребрам гра-

ратов сводится к решению переопределенной системы уравнений

$$\begin{aligned} v_2 &= av_1 + b + e_2; \\ v_3 &= av_2 + b + e_3; \\ v_4 &= av_3 + b + e_4; \\ &\dots \\ v_{100} &= av_{99} + b + e_{100}, \end{aligned}$$

которая в матричной форме запишется так:

$$\Phi\theta = v + e, \tag{5}$$

где $\theta = (a \ b)'$ – вектор искомых параметров ($a1 = 1 + a$); e – вектор помех в виде случайного «белого» шума;

$$\Phi = \begin{bmatrix} v_1 & 1 \\ v_2 & 1 \\ v_3 & 1 \\ \dots & \dots \\ v_{99} & 1 \end{bmatrix}; \quad v = \begin{bmatrix} v_2 \\ v_3 \\ v_4 \\ \dots \\ v_{100} \end{bmatrix}.$$

Решение переопределенной системы уравнений методом (5) – псевдообращения матрицы в среде MATLAB – сводится к следующей последовательности действий:

1. Формируются матрицы

$$\begin{aligned} ve &= v(1:99,1), \\ vd &= v(2:100,1), \\ phi &= [ve, ones(99,1)]. \end{aligned}$$

2. Решается система уравнений

$$theta = phi \setminus vd.$$

3. По компонентам вектора решения находятся искомые параметры модели по выражениям (1) и (4)

$$\begin{aligned} a &= theta(1) - 1, \\ Ne &= -3/a, \\ vse &= -theta(2)/a. \end{aligned}$$

Задача решается и без обращения к инструментам MATLAB. Переопределенная система (4) приводится к нормальной форме, если обе части умножить на транспонированную матрицу

$$\Phi'\Phi\theta = \Phi'v. \tag{6}$$

Система уравнений (6) после выполнения операций перемножения матриц запишется так:

$$\begin{bmatrix} \sum_{n=1}^{n=99} v_n^2 & \sum_{n=1}^{n=99} v_n \\ \sum_{n=1}^{n=99} v_n & 99 \end{bmatrix} \theta = \begin{bmatrix} \sum_{n=1}^{n=99} v_n v_{n+1} \\ \sum_{n=2}^{n=100} v_n \end{bmatrix}. \tag{7}$$

Нормальная система из двух уравнений с двумя неизвестными (7) решается по правилу Крамера:

$$\theta_1 = \det \begin{bmatrix} \sum_{n=1}^{n=99} v_n v_{n+1} & \sum_{n=1}^{n=99} v_n \\ \sum_{n=1}^{n=99} v_n & \sum_{n=2}^{n=100} v_n \end{bmatrix} / D, \tag{8}$$

$$\theta_2 = \det \begin{bmatrix} \sum_{n=1}^{n=99} v_n^2 & \sum_{n=1}^{n=99} v_n v_{n+1} \\ \sum_{n=1}^{n=99} v_n & \sum_{n=2}^{n=100} v_n \end{bmatrix} / D, \tag{9}$$

где

$$D = 99 \sum_{n=1}^{99} v_n^2 - \left(\sum_{n=1}^{99} v_n^2 \right)^2 \tag{10}$$

– определитель матрицы системы.

По решениям (8)–(10) вычисляются искомые параметры модели по формулам

$$a = \theta_1 - 1;$$

$$N_{пер} = -3/a;$$

$$v_{уст} = -\theta_2/a.$$

Следует отметить, что результаты, получаемые этим методом, весьма чувствительны к помехам.

Таким образом, стратегия разделения дидактических ресурсов на базовую и дополнительную части предполагает дифференциацию разнородного контингента учащихся. Представлена проце-

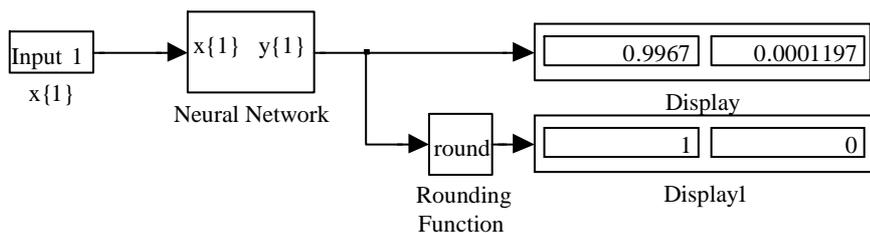


Рис. 8. Нейронная сеть на этапе распознавания

дура классификации на основе данных экспресс-диагностирования по специальным образом модифицированной методике Струп-М. Предлагаемый метод основан на гипотезе о допустимости интерпретирования процедуры диагностирования как весьма упрощенной имитации будущего процесса обучения в ускоренном времени.

При значительном количестве претендентов на обучение необходима автоматизация процеду-

ры классификации, быть может, проводимой дистанционно. Для этого необходимо разработать методики и программные средства автоматического распознавания категории ученика непосредственно по данным диагностирования. Недостатки универсальных алгоритмов кластерного анализа заставляют разрабатывать специализированные методы распознавания категорий претендентов на обучение.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Котова Е. Е. Моделирование процесса обучения с использованием управляющих дидактических стратегий // Изв. СПбГЭТУ «ЛЭТИ». 2011. № 5. С. 109–118.
2. Имаев Д. Х., Котова Е. Е. Модели и алгоритмы принятия решений о распределении дидактических ресурсов в среде обучения // Изв. СПбГЭТУ «ЛЭТИ». 2013. № 8. С. 79–85.
3. Бодалев А. А., Столин В. В., Аванесов В. С. Общая психодиагностика. СПб.: Речь, 2000.
4. Немов Р. С. Психология: учеб. для студ. высш. пед. учеб. заведений: в 3 кн. Кн. 3: Психодиагностика. Введение в научное психологическое исследование с элементами математической статистики. 4-е изд. М.: ВЛАДОС, 2001.
5. Stroop J. R. Studies of interference in serial verbal reactions // J. of Exper. Psychology. 1935. Vol. 18. P. 643–662.
6. Van Geert P. Dynamic Systems Model of Cognitive and Language Growth // Psychological Review, 0033-295X. Jan. 1, 1991. Vol. 98, iss. 1. URL: http://www.paulvangeert.nl/publications_files/psychological%20review%201991.htm.
7. Майер Р. В. Кибернетическая педагогика: имитационное моделирование процесса обучения. Глазов: Изд-во ГГПИ, 2013.
8. Имаев Д. Х., Котова Е. Е. Модели и алгоритмы принятия решений о распределении дидактических ресурсов в среде обучения // Изв. СПбГЭТУ «ЛЭТИ». 2013. № 8. С. 79–85.
9. Имаев Д. Х., Котова Е. Е. Система управления процессом обучения с логическими алгоритмами принятия решений // Изв. СПбГЭТУ «ЛЭТИ». 2013. № 10. С. 84–90.
10. Имаев Д. Х., Котова Е. Е. Компьютерная имитация процесса обучения в условиях периодического контроля успеваемости // Изв. СПбГЭТУ «ЛЭТИ». 2014. № 1. С. 74–79.
11. Имаев Д. Х., Котова Е. Е. Моделирование и имитация процессов обучения с разделением дидактических ресурсов. Динамический подход. СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2014.
12. Программный комплекс диагностики когнитивных параметров специалиста (ОнтоМАСТЕР-Диагностика). Свид. о гос. регистрации программы для ЭВМ №2009615001. 2009 г.
13. MATLAB/Control System Toolbox/Simulink/Neural Network. URL: <http://www.mathworks.com/products/matlab>

D. H. Imaev, E. E. Kotova
Saint-Petersburg state electrotechnical university «LETI»

DIFFERENTIATION PUPILS ON INDICATORS RAPID DIAGNOSIS

Presented procedure automation classification based on rapid diagnosis of the modified procedure Stroop-M. Strategy division of didactic resources on basic and additional parts involves the differentiation potential contingent of students

Experimental diagnosis, differentiation of pupils, the dynamic approach, computer model, neural networks